

---

# 3-상태 육상이동위성 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능

조성언\*, 조경룡\*, 여현\*\*

## BER Performance of DS/CDMA-BPSK System in 3-State Land Mobile Satellite Fading Channel

Sung-Eon Cho, Kyung-Ryong Cho, Hyun Yeo

---

이 논문은 1998년도 순천대학교 공과대학 학술재단 연구비에 의하여 연구되었음.

---

### 요약

이동통신 시스템을 사용하는 이용자의 증가와 이에 따른 시스템 용량 증대의 필요성은 전력과 스펙트럼 측면에서 효율적인 변조 기법의 사용을 요구한다. 본 논문에서는 다양한 페이딩 채널(레이리, 라이시안, Shadow 라이시안)에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능을 구하였다. 또한 3-상태 페이딩 채널에서 진폭이 거의 일정한 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능과 채널 용량을 수치 계산하였다.

본 논문에서 적용한 Shadow 라이시안 페이딩 모델은 Canadian Mobile Satellite (MSAT) 채널에서 사용되는 파라미터 값을 적용하였고, 3-상태 페이딩 채널 모델은 레이리 페이딩 상태, 라이시안 페이딩 상태, Shadow 라이시안 페이딩 상태로 구성하였다. 그리고 이 모델은 다양하게 변화하는 육상이동위성 채널의 시뮬레이션을 위한 기본 모델로써 적용이 가능함을 확인하였다. 또한 본 논문에서 제시한 동적인 3-상태 페이딩 채널 모델은 다양한 무선 환경에서의 디지털 전송을 표현하는데 적절함을 알 수 있었다.

수치 계산한 결과로부터 light, average, heavy Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템은 동시 사용자가 20명이고 처리이득이 511인 환경에서  $P_b \leq 10^{-5}$  이하의 BER 성능을 얻을 수 없었다. 또한 채널 용량면에서도 요구조건을 만족하지 못하였다. 또한 3-상태 페이딩 채널에서는 무선 채널의 점유 확률과 Shadow의 정도에 따라서 BER 성능이 지배됨을 알 수 있었다.

결과로부터 Shadow 시간 구간이 포함된 무선채널에서는 신뢰성있는 데이터 통신을 지원하기 위한 강력한 에러 제어 부호나 수신기 다이버시티를 사용하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

---

\* 순천대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수

\*\* 순천대학교 정보통신공학과 부교수

접수일자 : 1999년 11월 18일

Abstract

The increasing number of users of mobile communication systems and the corresponding need for increased system capacity require the use of a modulation scheme which is both power and spectrally efficient. In this paper, we numerically calculate the BER performance of DS/CDMA-BPSK system in different fading channel (Rayleigh, Rician, Shadow Rician). Also, we calculate BER performance and the channel capacity of DS/CDMA-BPSK system which is constant or nearly constant envelopes in 3-state fading channel model.

The Shadow Rician fading model described in this paper apply the parameters of the Canadian Mobile Satellite (MSAT). And we assume that the 3-state fading channel model is consist of Rayleigh fading state, Rician fading state, and shadow Rician fading state. This model can be used as a basis for the simulation of the land mobile satellite channel. The dynamic 3-state fading channel model is considered corresponding to different environments and the transitions between these environments.

From the numerically calculate results, the DS/CDMA-BPSK system with MUI=20, PG=511 can not achieve the BER performance ( $P_b \leq 10^{-5}$ ). And the channel capacity did not meet the system requirement. Also, we know that the BER performance is depend on the occupancy probability of radio channel and the degree of shadow.

From the results, we know that during shadowed time intervals it is necessary to use some form of error control coding and receiver diversity in order to support reliable data communication.

1. 서 론

다가올 개인 무선멀티미디어 시대를 준비하기 위하여 최근에 다수의 저궤도/중궤도(LEO/MEO : Low Earth Orbit/Medium Earth Orbit) 위성으로 구성된 육상 이동위성 통신 시스템이 제안되었다. 대부분의 육상이동위성 서비스 시스템은 마아진이 적은 시스템으로 설계되었기 때문에 서비스 환경에 따라 Shadow 효과나 페이딩에 의하여 신호의 품질은 열화되기 쉽다[1],[2].

이러한 무선통신 환경에서 위성을 이용하는 이동통신 시스템이 지상의 시스템과 동등한 서비스 품질(QoS)을 얻기 위하여 저궤도 및 중궤도 위성이 사용되고 있다. 향후 육상이동통신과 위성통신이 연계된 서비스는 기본적으로 제공될 것이므로 육상 이동위성 통신 시스템에 대한 성능 분석은 반드시 필요하다. 특히, 시스템의 성능 분석에서 기본이 되는 무선채널의 환경에 따른 시스템의 BER 성능 및 채널 용량 분석은 시급히 이루어져야 한다. 현재 개발되고 있는 통신 시스템에서 사

용자 수의 증가와 성능 향상을 위하여 CDMA 방식을 사용하고 있다. 그러나 CDMA 시스템은 간섭에 의하여 시스템의 성능이 제한되는 것으로 알려져 있다. 그러므로 CDMA 방식을 이용하는 이동위성 통신 시스템에서 필연적으로 발생하는 다중 사용자 간섭에 의한 영향을 분석하는 것은 반드시 필요하다.

육상이동위성 통신 시스템의 무선 전파 모델로써 사용되는 LMSS(Land Mobile Satellite Services) 전파 모델은 위성으로부터의 직접적인 측정 및 통계적인 모델링을 바탕으로 제시되고 있다 [3]-[5]. 참고문헌 [5]에서는 위성 다이버시티 시스템의 영향을 평가하기 위한 나카가미-라이시안 페이딩, 로그노말-레일리 페이딩, 그리고 레일리 페이딩 모델로 구성된 LMSS 채널 모델을 제시하였으나 시스템의 오율 성능은 분석하지 않았다.

육상이동위성 서비스를 위한 통신 환경은 2가지로 크게 나눌 수 있다. 하나는 차량환경(Vehicular environment)이고, 다른 하나는 개인휴대환경(Personal use environment)이다. 육상이동위성 서

비스의 차량환경(LMSS-V)은 사용자가 고속으로 이동하는 단말기를 가지고 넓은 지역에서 통신을 하는 것이며, 육상이동위성 서비스에서 개인휴대환경(LMSS-P)은 좁은 지역에서 휴대 단말기가 저속으로 이동하는 것을 의미한다. 육상이동위성 서비스의 차량환경에서 전파 열화의 요인은 산, 빌딩, 터널 등에 의한 심한 Shadow 효과, 도로변의 나무와 작은 물체에 의한 약한 Shadow 효과, 그리고 빌딩이나 대지의 산란에 의한 다중경로 페이딩 등이다. 육상 이동위성 서비스의 차량환경을 위한 개념적인 전파 모델을 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 3가지 상태 A, B, C는 각각 빌딩과 같이 큰 물체에 의하여 직접파 성분이 존재하지 않고 산란 성분만이 존재하는 레일리 페이딩 상태, LOS (Line-Of-Sight) 성분이 존재하는 라이시안 페이딩 상태 그리고 나무나 작은 물체에 의한 Shadow 라이시안 페이딩 상태를 나타낸다.

본 논문에서 적용한 Shadow 라이시안 페이딩에서 Shadow의 영향은 Canadian Mobile Satellite (MSAT)채널에서 사용되는 파라미터 값을 적용하였으며, 육상이동위성 채널은 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩 및 Shadow 라이시안 페이딩 모델이 점유 확률에 따라서 복합적으로 영향을 주는 3-상

태 전파 모델을 가정하였다. 그리고 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩 및 Shadow 라이시안 페이딩이 DS/CDMA-BPSK 시스템에 미치는 영향을 각 채널의 점유 확률 ( $p_A, p_B, p_C$ )에 따른 BER 성능을 분석하였으며 시스템의 채널 용량 측면에서 살펴봄으로써 향후 육상 이동위성 통신 시스템의 성능 분석 및 개선 기법 선정을 위한 자료로써 활용하고자 한다.

## 2. 육상이동위성 전파 채널 모델

육상이동위성 통신 시스템의 성능을 저하시키는 주요한 원인은 페이딩과 Shadow의 영향이다. 본 절에서는 다양한 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능을 분석하였다. 그리고 육상이동위성 통신 채널을 모델링하기 위하여 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩 및 Shadow 라이시안 페이딩 채널 모델을 점유 확률에 따라서 표현할 수 있는 3-상태 전파 모델을 제시하였다. 또한 제시된 무선 채널환경에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성과 채널 용량을 분석하였다.

### 2.1 레일리 페이딩 채널

수신된 신호가 직접적인 Line-Of-Sight (LOS) 성분이 포함되지 않고 다중 경로 성분만으로 구성된 경우, 수신된 신호의 진폭은 레일리 분포를 한다. 수신된 신호의 진폭을  $r$ 이라고 할 경우, 레일리 분포의 확률 밀도 함수는 다음과 같다 [6].

$$p_A(r) = 2r e^{-r^2} \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $r$ 은 수신된 신호의 순시 진폭이다.

### 2.2 라이시안 페이딩 채널

수신된 신호가 다중 경로 성분과 직접적인 Line-Of-Sight (LOS) 성분으로 구성된 경우, 다중 경로 성분과 LOS 성분이 합쳐진 신호의 진폭은 라이시안 분포를 한다. 수신된 신호의 진폭을  $r$ 이라고 할 경우 라이시안 분포의 확률 밀도 함수는 다음과 같다 [6].

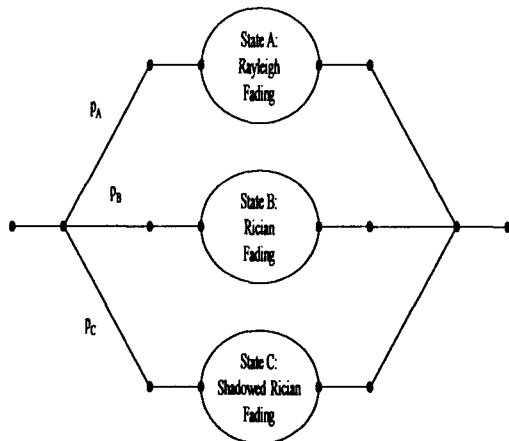


그림 1. 육상 이동위성 서비스를 위한 3-상태 전파 채널의 구성도

Fig. 1 3-state propagation channel for land mobile satellite service.

$$p_B(r) = 2r(1+K_R) e^{-(K_R+r^2(1+K_R))} I_0(2r\sqrt{K_R(K_R+1)}) \dots\dots\dots (2)$$

여기서  $K_R$ 은 라이시안 페이딩 파라미터로써 직접파 성분의 에너지 대 산란된 다중 경로 성분의 에너지와의 비를 나타낸다.

라이시안 분포의 확률 밀도 함수를 그래프로 나타내면 그림 2와 같다. 그림 2에서  $K_R$ 의 값이  $\infty$ 로 커짐에 따라서 가우스 잡음의 확률 분포로 접근하고  $K_R=0$ 인 경우는 직접파 신호 성분이 존재하지 않는 레일리 분포임을 알 수 있다.

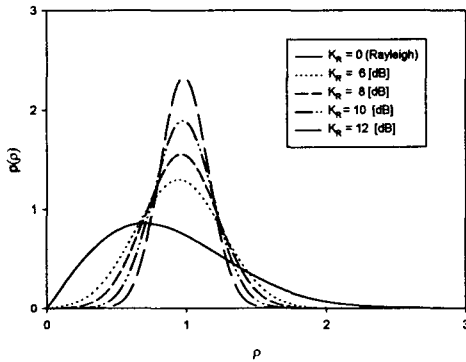


그림 2. 라이시안 분포의 확률밀도함수  
Fig. 2 Probability density function of Rician distribution.

2.3 Shadow 라이시안 페이딩 채널

육상 이동위성 통신 채널을 설명하기 위한 확률 함수는 다중 경로의 영향을 표현하기 위해서는 레일리와 라이시안 확률밀도함수가 사용되고, 신호의 평균 레벨이 비교적 느리게 변화하는 Shadow의 영향을 나타내기 위해서 로그-노말 함수를 사용하였다. 무선 채널에서 직접적인 LOS성분이 Shadow의 영향을 받게된다. LOS성분의 Shadow는 위성과 육상 이동체 사이를 전파가 전송될 경우, 방해물이나 도로 주변의 나무에 의하여 직접파 성분이 회절 및 산란에 의하여 발생된다. 본 논문에서는 Loo의 채널 모델을 적용하여 Shadow 라이시안 페이딩의 영향을 알아본다[3].

육상이동위성 시스템을 위한 채널 모델에서 수신되는 신호는 로그-노말 분포를 하는 LOS성분 ( $\gamma$ )과 라이시안 분포를 하는 다중 경로 성분의 합으로 구성된다고 가정한다. LOS성분이 일정하게 유지될 경우, 신호 진폭의 조건부 라이시안 분포는 다음과 같다 [6].

$$p_{A|R}(r|\gamma) = \frac{r}{\sigma_r^2} \cdot e^{-(r^2+\gamma^2)/2\sigma_r^2} \cdot I_0\left(\frac{r \cdot \gamma}{\sigma_r^2}\right) \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $\sigma_r^2$ 은 다중 경로에 의한 산란된 전력의 평균을 나타낸다. 페이딩 진폭  $r$ 의 확률밀도함수는 로그-노말 분포를 하는  $\gamma$ 와 조건부 라이시안 확률밀도함수의 평균을 통하여 얻어진다. 여기서  $\gamma$ 의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$p_r(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_\gamma \cdot \gamma} e^{-(\ln \gamma - m_\gamma)^2/2\sigma_\gamma^2} \dots\dots\dots (4)$$

$\sigma_\gamma$ 와  $m_\gamma$ 는 각각 표준 편차와 평균을 나타낸다.  $\gamma$ 에 대한 적분을 취하면 페이딩 진폭  $r$ 에 대한 확률밀도함수는 다음과 같다 [6].

$$p_C(r) = \int_0^\infty p_{A|R} \cdot p_r(\gamma) d\gamma = \frac{r}{\sqrt{2\pi}\sigma_r^2\sigma_\gamma} \int_0^\infty \frac{1}{\gamma} e^{-\left[\frac{(\ln \gamma - m_\gamma)^2}{2\sigma_\gamma^2} + \frac{(r^2 + \gamma^2)}{2\sigma_r^2}\right]} \cdot I_0\left(\frac{r \cdot \gamma}{\sigma_r^2}\right) d\gamma \dots\dots\dots (5)$$

표 1. Shadow 라이시안 페이딩 채널을 위한 채널 모델 파라미터

Table 1. Channel model parameters for shadow Rician fading.

Shadow 정도	$\sigma_r^2$	$m_\gamma$	$\sigma_\gamma$
Light	0.1580	0.115	0.115
Average	0.1260	-0.1151	0.161
Heavy	0.0631	-3.910	0.806

$\sigma_r$ ,  $\sigma_\gamma$ ,  $m_\gamma$ 는 Shadow의 정도를 결정한다. 예

를 들어 표 1은 Canadian Mobile Satellite (MSAT) 채널에서 사용되는 파라미터 값을 나타낸다. 표 1에서 light, average, heavy는 Shadow의 정도를 나타내는데 사용된다 [6].

### 3. DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능

본 절에서는 잡음채널에서의 오율식을 이용하여 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩, Shadow 라이시안 페이딩 및 3-상태 전파 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능을 수치 계산한다.

#### 3.1 AWGN 채널 환경

AWGN 채널에서 Asynchronous DS/CDMA-BPSK 신호의 오율은 다음과 같이 동시 사용자의 수, DS/CDMA 시스템의 처리이득 등으로 구성된다.

$$P_e(r, R) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}(\sqrt{R_{DS}} r) \dots\dots\dots (6)$$

$$R_{DS} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{2(U_s-1)}{3PG}} \dots\dots\dots (7)$$

여기서  $\operatorname{erfc}(\cdot)$ 는 에리 보함수를 나타내고,  $R_{DS}$ 은 DS/CDMA 시스템의 등가 신호 대 잡음 전력비,  $R$ 은 순시 신호 대 잡음 전력비,  $U_s$ 는 동시 사용자의 수,  $PG$ 는 DS/CDMA 시스템의 처리이득,  $r$ 은 수신된 신호의 진폭을 나타낸다.

#### 3.2 레일리 페이딩 채널 환경

레일리 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율식은 다음과 같이 잡음 환경에서의 오율식 (6)과 레일리 페이딩의 확률밀도함수(p.d.f) 식 (1)과의 적분을 통하여 구한다.

$$P_{e1} = \int_0^\infty p_A(r) \cdot P_e(r, R) dr = \int_0^\infty 2r e^{-r^2} \cdot \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{r^2}{\frac{1}{R} + \frac{2(U_s-1)}{3PG}}} \right) dr \dots\dots\dots (8)$$

#### 3.3 라이시안 페이딩 채널 환경

라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율식은 다음과 같이 잡음 환경에서의 오율식 (6)과 라이시안 페이딩의 확률밀도함수(p.d.f) 식 (2)와의 적분을 통하여 구한다.

$$P_{e2} = \int_0^\infty p_B(r) \cdot P_e(r, R) dr = \int_0^\infty 2r(1+K_R) e^{-(K_R+r^2(1+K_R))} I_0(2r\sqrt{K_R(K_R+1)}) \cdot \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{r^2}{\frac{1}{R} + \frac{2(U_s-1)}{3PG}}} \right) dr \dots\dots\dots (9)$$

#### 3.4 Shadow 라이시안 페이딩 채널 환경

Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율식은 다음과 같이 잡음 환경에서의 오율식 (6)과 Shadow 라이시안 페이딩의 확률밀도함수(p.d.f) 식 (5)와의 적분을 통하여 구한다.

$$P_{e3} = \int_0^\infty p_C(r) \cdot P_e(r, R) dr = \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_r^2}} \int_0^\infty \frac{1}{r} e^{-\left[\frac{(\ln r - m_r)^2}{2\sigma_r^2} + \frac{(r^2 + \gamma^2)}{2\sigma_r^2}\right]} I_0\left(\frac{r\gamma}{\sigma_r^2}\right) dr \cdot \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \sqrt{\frac{r^2}{\frac{1}{R} + \frac{2(U_s-1)}{3PG}}} \right) dr \dots\dots\dots (10)$$

수치계산에서 Shadow의 영향은 light, average, heavy로 나누어서 Shadow 라이시안 페이딩의 영향을 나타낼 수 있는 Loo의 모델을 사용하였다.

#### 3.5 3-상태 전파 환경

3-상태 전파 환경에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율은 식 (8) ~ 식 (10)에서 얻은 결과  $P_{e1}, P_{e2}, P_{e3}$ 를 이용하여 구한다. 3-상태 전파 환경에서 최종적인 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율식은 다음과 같다.

$$P_e = p_A \cdot P_{e1} + p_B \cdot P_{e2} + p_C \cdot P_{e3} \dots\dots\dots (11)$$

여기서 3-상태 전파 환경에서 각 채널의 점유 확률 ( $p_A, p_B, p_C$ )의 합은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

$$p_A + p_B + p_C = 1 \dots\dots\dots (12)$$

#### 4. 수치 계산 및 검토

본 논문에서는 3-상태 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 분석하여 오율 그래프로 나타내었다. 3-상태 페이딩 채널은 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩, Shadow 라이시안 페이딩으로 구성하였다. 그리고 3-상태 페이딩 채널의 점유 확률 ( $p_A, p_B, p_C$ ), 처리이득 (PG), 동시 사용자의 수 ( $U_S$ ), 라이시안 페이딩의 심도( $K_R$ )를 변화시키며 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 분석하였다. 여기서 레일리 페이딩의 점유 확률은  $p_A$ , 라이시안 페이딩의 점유 확률은  $p_B$ , Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률은  $p_C$ 라고 정의한다. 각 채널의 점유 확률 ( $p_A, p_B, p_C$ )에 따라서 각 채널이 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능에 미치는 영향을 분석한다.

그림 3 ~ 그림 6은 단일 상태에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능을 나타낸다. 그리고 Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 Shadow의 정도를 결정하기 위하여 표 1에서 제시한 Canadian Mobile Satellite (MSAT)채널에서 사용되는 파라미

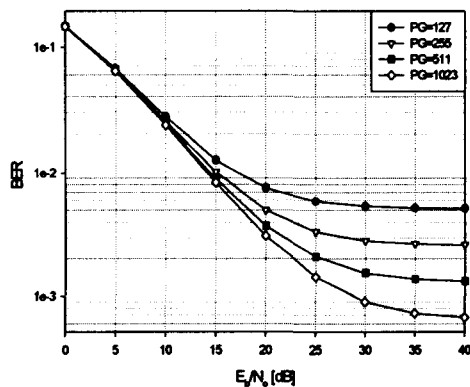


그림 3. 레일리 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능  
Fig. 3 BER of DS/CDMA-BPSK system in Rayleigh fading channel.

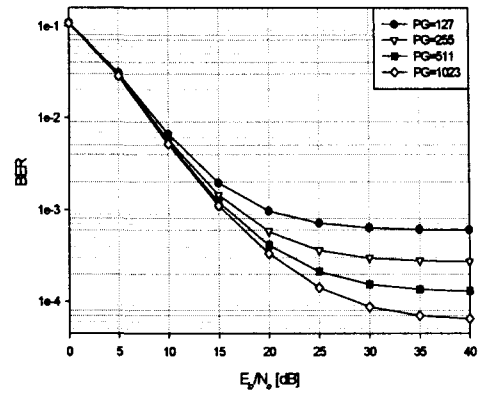


그림 4. 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능 ( $K_R = 6dB$ )  
Fig. 4 BER of DS/CDMA-BPSK system in Rician fading channel ( $K_R = 6dB$ ).

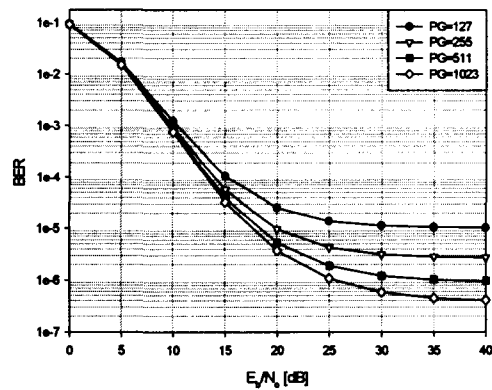


그림 5. 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능 ( $K_R = 10dB$ )  
Fig. 5 BER of DS/CDMA-BPSK system in Rician fading channel ( $K_R = 10dB$ ).

터 값을 적용하였다.

그림 3은 레일리 페이딩 채널에서 동시 사용자의 수를 5명으로 고정하고 DS/CDMA 시스템의 처리이득을 127에서 1023으로 가변하면서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 결과 그래프에서 처리이득이 1023이고  $E_b/N_0 = 28$  dB 이상부터 오율  $10^{-3}$ 이하를 달성할 수 있었다. 그림 4와

그림 5는  $K_R=6$  dB와  $K_R=10$  dB인 라이시안 페이딩 채널에서 동시 사용자의 수를 5명으로 고정하고 DS/CDMA 시스템의 처리이득을 127에서 1023으로 가변하면서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 성능을 나타낸다. 그림 4에서 처리이득이 127인 경우,  $E_b/N_o=20$  dB 이상부터 오율  $10^{-3}$  이하를 달성할 수 있었다. 그리고 라이시안 페이딩 채널은 직접파가 존재하는 채널 모델링으로서  $K_R=10$  dB는 직접파의 전력이 반사파의 전력보다 10배인 경우로써 무선 채널이 양호한 환경이다. 그림 5에서 처리이득이 127인 경우,  $E_b/N_o=10$  dB 이상부터 오율  $10^{-3}$  이하를 달성할 수 있었으며, 처리이득이 255이상인 경우에는  $E_b/N_o=20$  dB 이상부터 오율  $10^{-5}$  이하를 달성할 수 있었다. 그림 6은 light Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 동시 사용자의 수를 5명으로 고정하고 처리이득의 변화에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능을 나타낸다. Light Shadow 라이시안 페이딩 채널은 레일리 페이딩이나 라이시안 페이딩과는 달리 동시 사용자의 수를 5명인 경우, 처리이득 PG를 1023까지 증가시켜도 오율  $10^{-3}$  이하를 달성할 수 없음을 알 수 있다. 이것은 Shadow 페이딩의 영향

이 DS/CDMA-BPSK 시스템의 성능에 큰 영향으로 작용하여 오율 성능이 심하게 열화되고 있음을 알 수 있다.

그림 7은 3-상태 페이딩 채널에서 Shadow 라이시안 페이딩의 Shadow 상태에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 특성을 나타낸다. 그림 6에서 3-상태 페이딩 채널은 레일리 페이딩의 점유 확률은 0.1, 라이시안 페이딩( $K_R=10$  dB)의 점유 확률은 0.55, Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률은 0.35인 환경이다. 이러한 3-상태 페이딩 채널은 Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률이 1/3 정도를 차지하고 있는 상황이다. 그리고 DS/CDMA-BPSK 시스템에서 신호의 처리이득 PG는 127이고 동시 사용자 수는 5명이다. 결과 그래프로부터 Light와 Average Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 차이보다는 Heavy Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 신호의 오율 차이가 더 커짐을 알 수 있다. 결과적으로 Heavy Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 음성 통신을 보장하며 DS/CDMA-BPSK 시스템의 성능을 개선하기 위해서는 간접 신호의 전력을 확산시키는 기술이외에 반드시 부호화 방식이나 다이버시티와

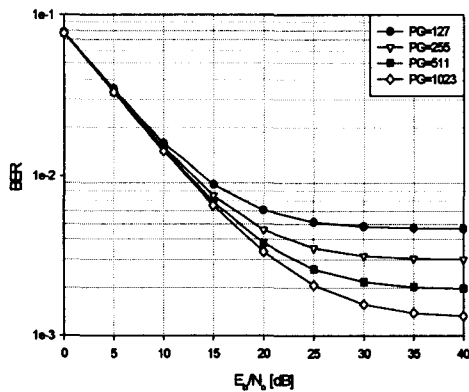


그림 6. Light Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능

Fig. 6 BER of DS/CDMA-BPSK system in light shadow Rician fading channel.

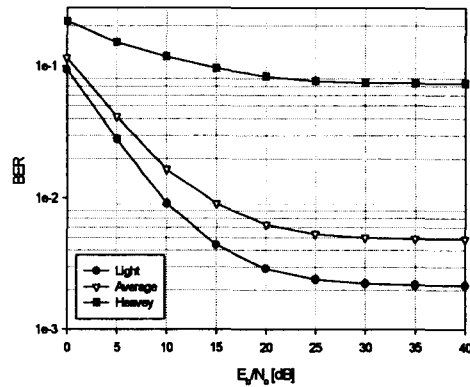


그림 7. 3-상태 페이딩 채널에서 Shadow 라이시안 페이딩의 Shadow 상태에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율

Fig. 7 BER of DS/CDMA-BPSK system according to shadow state of shadow Rician fading in 3-state fading channel.

같은 개선 기법 등이 필요함을 나타내고 있다.

그림 8은 3-상태 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율을 레일리 페이딩, 라이시안 페이딩, Light Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률에 따라서 DS/CDMA-BPSK 신호의 오율 특성을 나타내고 있다. 그림 7에서 레일리 페이딩의 점유 확률은 0.1로 고정하고 라이시안 페이딩, Light Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률의 변화에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 특성을 보여 준다. 처리이득 PG는 127, 사용자 수는 5명, 라이시안 페이딩의 심도는 직접파의 전력이 반사파의 전력보다 10배가 큰 10 dB를 고려하였다. 결과 그래프로부터 레일리 페이딩의 점유 확률을 0.1로 고정한 상태에서 라이시안 페이딩의 점유 확률은 증가하고(직접파의 신호전력이 증가) Light Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률은 감소(Shadow의 영향이 감소)함에 따라서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 성능은 개선됨을 알 수 있다.

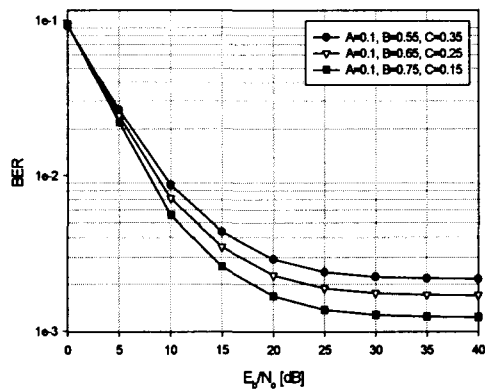


그림 8. 3-상태 페이딩 채널에서 점유 확률에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율  
Fig. 8 BER of DS/CDMA-BPSK system according to occupancy probability in 3-state fading channel.

그림 9는 3-상태 페이딩 채널에서 처리이득(PG)과 동시 사용자 수 ( $U_s$ )에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율 특성을 나타낸다. PG의 범위는 63부터 511까지 증가시키면서 동시 사용자 수의 변화에

따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율을 보여준다. 무선 채널은 레일리 페이딩의 점유 확률은 0.1, 라이시안 페이딩( $K_R=12$  dB)의 점유 확률은 0.75, Light Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률은 0.15인 환경이다. 그리고 기준 신호 전력 대 잡음 전력비는 15 dB이다. 사용자 수가 적은 경우에는 처리이득 PG에 따른 영향을 많이 받지 않았으나, 사용자 수가 많은 경우에는 처리이득 PG에 따른 오율의 변화가 커짐을 알 수 있다. 결과적으로 사용자 수가 적은 경우에는 처리이득이 적도록 시스템을 설계하고 사용자 수가 많은 경우에는 처리이득이 크게 시스템을 적응적으로 설계하는 것이 효과적임을 의미한다. 사용자 수가 적은 경우에도 시스템의 BER 성능이  $10^{-3}$ 이하를 유지하지 못하는 이유는 레일리 페이딩과 Light Shadow 라이시안 페이딩의 점유 확률이 무선 채널 환경에 전체적으로 영향을 주기 때문이다. 결과적으로 신뢰성이 있는 통신을 수행하기 위해서는 다이버시티나 부호화 기술이 적응 처리이득 기술과 결합한 시스템 구조가 부과적으로 필요함을 알 수 있다.

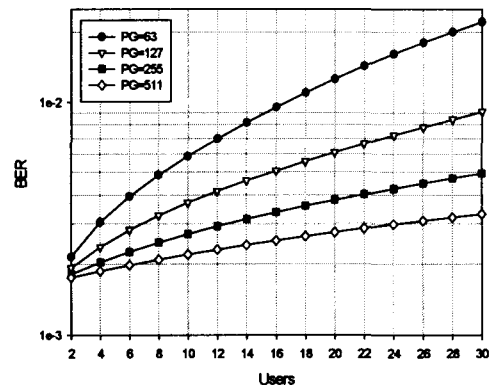


그림 9. 3-상태 페이딩 채널에서 처리이득과 동시 사용자 수에 따른 DS/CDMA-BPSK 시스템의 오율  
Fig. 9 BER of DS/CDMA-BPSK system according to processing gain and simultaneous users in 3-state fading channel.



5. 결 론

본 논문에서는 다양한 페이딩 채널(레이리, 라이시안, Shadow 라이시안)과 3-상태 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능과 채널 용량을 수치 계산하였다. Shadow의 영향은 Canadian Mobile Satellite (MSAT)채널에서 사용되는 파라미터 값을 적용하였다. 본 논문에서 제시한 복합 페이딩 모델은 다양하게 변화하는 육상이동위성 채널의 시뮬레이션을 위한 기본 모델로써 적용이 가능하고, 다양한 무선 환경에서의 영향을 분석하는데 적절함을 알 수 있었다.

DS/CDMA-BPSK 시스템의 BER 성능과 채널 용량을 분석한 결과, 레일리 페이딩이나 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템은  $P_b \leq 10^{-3}$ 이나  $P_b \leq 10^{-5}$  이하의 BER 성능을 얻을 수 있었으나 light, average, heavy Shadow 라이시안 페이딩 채널에서 DS/CDMA-BPSK 시스템은  $P_b \leq 10^{-5}$  이하의 BER 성능을 얻을 수 없었다. 또한 채널 용량 측면에서도 요구조건을 만족하지 못하였다. 그 결과 Shadow 페이딩의 영향이 포함된 3-상태 페이딩 채널에서는 무선 채널의 점유 확률과 Shadow 페이딩의 영향이 BER 성능에 지배적임을 알 수 있었다. 결과로부터 Shadow 시간 구간이 포함된 무선채널에서 신뢰성이 있는 통신을 수행하기 위해서는 다이버시티나 부호화 기술이 적용 처리이득 기술과 결합한 시스템 구조가 필수적으로 필요함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. J. Goldhirsh and W. J. Vogel, "Propagation effects for land mobile satellite systems : Overview of experimental and modeling results," NASA Ref. Pub. 1274, 1992.
2. K. Tanaka, N. Obara, S. Yamamoto, and H. Wakana, "Propagation characteristics of land mobile satellite communications in Japan using ETS-V satellite," in IEEE Veh. Technol. Conf., pp. 929-933, 1995.

3. C. Loo, "A statistical model for a land mobile satellite link," in IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-34, pp. 122-127, 1985.
4. E. Lutz, D. M. Dippold, F. Dolainsky, and W. Papke, "The land mobile satellite communication channel-Recording, statistics, and channel model," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 40, pp. 375-386, 1991.
5. Y. Karasawa, K. Kimura, and K. Minamisono, "Analysis of availability improvement in LMSS by means of satellite diversity based on three-state propagation channel model," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 46, pp. 1047-1056, Nov. 1997.
6. S.H.Jamali and T.Le-Ngoc, Coded-modulation techniques for Fading Channels, Kluwer Academic Publishers, 1994.



조 성 언(Sung-Eon Cho)

1989. 2 한국항공대학교 항공통신정보공학 졸업 (공학사)

1991. 2 한국항공대학교 대학원 항공통신정보공학 졸업 (공학석사)

1997. 2 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 졸업 (공학박사)

1991. 3 ~ 1992. 2 한국항공대학교 항공통신정보공학과 조교

1997. 3 ~ 1999. 3 (국립) 순천대학교 공과대학 정보통신공학과 전임강사

1999. 4 ~ 현 재 (국립) 순천대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수

\*관심분야 : 전파공학, 전자파환경공학, Wireless communication



조 경 룡(Kyung-Ryong Cho)

1987. 2 송실대학교 전자공학과 졸업 (공학사)

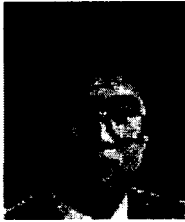
1989. 2 송실대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1995. 2 송실대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1990.12 ~ 1996. 2 한국이동통신(주) 중앙연구원 선임연구원

1996. 3 ~ 현 재 (국립) 순천대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수

\*관심분야 : 이동통신, 채널코딩, 통신방식



여 현(Hyun Yeo)

1984. 2 한국항공대학교 전자공학과 공학사

1987. 2 송실대학교 대학원 전자공학과 공학석사

1992. 8 송실대학교 대학원 전자공학 공학박사

1987. 2 ~ 1993. 2. 28 한국통신 통신망 연구소 전임연구원

1995. 5 ~ 1995. 11. 30 ETRI ATM 처리연구실 초빙연구원

1995. 12 ~ 1998. 12 정보통신부 초고속망 구축전문위원 (응용기술분과) 전문위원

1993. 3. 1 ~ 현재 순천대학교 정보통신공학과 부교수

1995. 7 ~ 현재 ISO/IEC JTC1 SC6(한국) 전문위원

1993. 3 ~ 현재 OSIA LAN 분과(TG-LAN) 전문위원

1996. 4 ~ 현재 한국전자파학회 광주·전남지부 이사

\*관심분야 : 무선 ATM, 무선 LAN, 인터넷, 초고속 통신망